

УДК 004.75

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
НА ПРИМЕРЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ****Кудр Латиф**

Донецкий национальный технический университет,
кафедра «Автоматизированные системы управления»,
E-mail: multmediakar@mail.ru

Аннотация

Кудр Латиф. Визуализация распределенных систем обработки информации на примере беспроводных сенсорных сетей. В статье описана разработка системы визуализации структуры и процесса функционирования распределенных систем обработки информации на примере беспроводных сенсорных сетей. Разрабатываемая система предназначена для улучшения качества проектирования беспроводных сенсорных сетей за счет визуализации, которая способствует лучшему пониманию структуры сети и особенностей ее работы. Система может применяться на этапе разработки новых беспроводных сенсорных сетей, а также на этапе функционирования уже существующих с целью экономии средств на их доработку.

Обзор технологий организации WSN

Одним из первых прототипов сенсорной сети можно считать систему SOSUS [1], предназначенную для обнаружения и идентификации подводных лодок. Технологии беспроводных сенсорных сетей стали активно развиваться сравнительно недавно - в середине 90-х годов. Однако лишь в начале XXI века развитие микроэлектроники позволило делать для таких систем достаточно дешевую элементную базу. Это привело к появлению большого количества реализаций беспроводных сенсорных сетей.

Современные беспроводные сети в основном базируются на стандарте Zigbee. Множество отраслей и сегментов рынка (производство, различные виды транспорта, обеспечения жизнедеятельности, охрана), готовы для внедрения сенсорных сетей, и спрос на эту технологию постоянно увеличивается. Использование недорогих беспроводных сенсорных устройств контроля параметров открывает новые области для применения систем телеметрии и контроля, такие как:

- своевременное выявление отказов исполнительных механизмов, по контролю таких параметров как вибрация, температура, давление и т.п.;
- контроль доступа в режиме реального времени в удаленных системах мониторинга объектов;
- автоматизация инспекции и технического обслуживания промышленных активов;
- применение как компонентов в энерго- и ресурсосберегающих технологиях;
- контроль параметров окружающей среды.

В настоящее время проблемам построения WSN посвящается множество работ. Их тематика разнообразна: от вопросов, связанных с созданием отдельных компонентов (приемопередатчики, микроконтроллеры, датчики и т.п.) с низкой стоимостью и малым энергопотреблением до проблем, возникающих при проектировании и эксплуатации сенсорных сетей – оптимизация топологии сети, разработка протоколов передачи данных разного уровня, оптимальное развертывание сети и т.п.

Следует отметить, что, несмотря на длительную историю сенсорных сетей, концепция их построения окончательно не оформилась и не выразилась в определенные программно-аппаратные (платформенные) решения. Реализация сенсорных сетей на текущем этапе во

многим зависит от конкретных требований задачи. Архитектура, программно-аппаратная реализация находится на этапе интенсивного формирования технологии.

Несмотря на бурное развитие технологии построения WSN, ряд проблем еще не получил окончательного решения. Важной проблемой WSN является ограниченность емкости батареи, установленной на узлах. Эта проблема особо остра, так как во многих случаях замена батарей затруднительна из-за того, что узлы устанавливаются в труднодоступных местах.

Наиболее энергозатратной операцией при функционировании WSN является передача данных по радиоканалу. Поэтому оптимизация передачи данных в смысле уменьшения общего энергопотребления является важной задачей. Оптимизация протоколов передачи данных позволит продлить работоспособность и повысить эффективность всей сети.

Основными целями более низкого уровня, позволяющими минимизировать общее энергопотребление являются:

- равномерное распределение нагрузки на узлы сети;
- нахождение оптимальных маршрутов передачи данных, с минимальным количеством ретрансляций;
- выбор оптимальной топологии системы;
- устойчивость к изменению топологии в процессе эксплуатации.

Ни одна из вышеперечисленных целей не может быть достигнута без моделирования сети. Успешному анализу полученных результатов моделирования будет способствовать визуализация WSN и процессов протекающих в ней.

Моделирование WSN

Модель — это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала. Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели называется моделированием [2].

Основная сложность в моделировании работы беспроводной сенсорной сети заключается в том, что при моделировании необходимо учитывать различные факторы. Во-первых, на каждом узле, входящий в ее состав, установлена специализированная операционная система. Таких операционных систем несколько, но наиболее распространенная на сегодняшний день – TinyOS [3]. Кроме этого, разные узлы могут быть оборудованы как различными датчиками, так и иметь разные задачи. Во-вторых, следует учитывать и тот факт, что сеть беспроводная, а значит, на ее работу могут влиять помехи, различные препятствия, затрудняющие передачу информации от узла к узлу. В-третьих, все узлы имеют ограниченное энергетические ресурсы, а значит и срок службы. Поэтому для моделирования необходимо использовать тот инструмент, который может максимально точно учесть все эти факторы.

Существует несколько программных симуляторов, с помощью которых можно моделировать беспроводные сенсорные сети. Наиболее известными являются NS2[4], Anylogic [5], TOSSIM [6]. Эти системы фокусируются на различных аспектах работы сети и имеют различную архитектуру.

Как NS2, так и Anylogic являются универсальными многофункциональными системами и могут быть использованы для моделирования как обычных, так и беспроводных сетей. NS2 моделирует работу на сетевом уровне и не может моделировать поведение приложений. В тоже время TOSSIM симулирует приложение работающее на узле, работу операционной системы TinyOS и стек протоколов. Другими словами TOSSIM позволяет запускать приложения написанные для TinyOS без какого-либо изменения этих приложений.

TOSSIM был разработан специально для моделировании только беспроводных сенсорных сетей, он тесно интегрирован с операционной системой, которая используется на

мотах, а также может моделировать поведение различных видов узлов, что делает его незаменимым при моделировании работы сенсорных сетей. Поэтому, оптимальным инструментом для моделирования работы беспроводной сенсорной сети является симулятор TOSSIM.

Визуализация WSN и процессов протекающих в них

Визуализация сложных систем и процессов, протекающих в них, является ключевым компонентом во многих приложениях в науки и техники.

Для визуализации структуры сети мы будем использовать граф, в котором узлы графа будут представлять узлы сети, а ребра – связи между узлами сети. Вес ребра будет пропорционален уровню затухания сигнала при передаче сигналов. Входной информацией для визуализации структуры сети будет являться файл топологии, который используется в TOSSIM. На рисунке 1 представлен пример файла топологии сети состоящей из шести узлов и соответствующий граф.

```

from TOSSIM import *
t = Tossim([])
r = t.Radio()
mote0 = t.getNode(0)
mote1 = t.getNode(1)
mote2 = t.getNode(2)
mote3 = t.getNode(3)
mote4 = t.getNode(4)
mote5 = t.getNode(5)
r.add(0, 1, -80)
r.add(1, 0, -90)
r.add(0, 2, -80)
r.add(2, 0, -83)
r.add(2, 3, -70)
r.add(3, 2, -80)
r.add(1, 3, -90)
r.add(3, 1, -92)
r.add(4, 3, -88)
r.add(3, 4, -85)
r.add(5, 3, -60)
r.add(3, 5, -76)
r.add(2, 1, -90)
r.add(1, 2, -90)
r.add(5, 4, -90)
r.add(4, 5, -90)

```

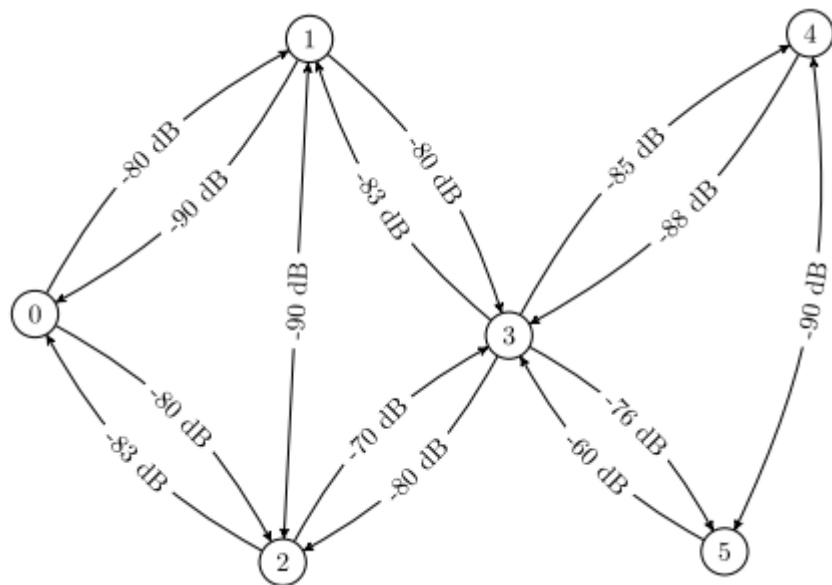


Рисунок 1 -. Пример файла топологии и соответствующий граф сети.

Данная сеть состоит из шести узлов, между которыми существует 16 соединений, причем большинство из них несимметрично. Например, соединение от узла 0 к узлу 1 более качественно чем в обратном направлении. В первом случае затухание -80 dB, во втором -90 dB. Это может быть связано с более высоким уровнем сигнала передатчика на узле 0.

Для визуализации графа будем использовать метод физических аналогий. Этот метод предполагает рассмотрение графа как системы тел с силами взаимодействия между ними. Например, можно считать вершины графа одинаково зараженными частицами, а ребра

пружинами. В таком случае алгоритм находит конфигурацию тел с локальной минимальной энергией - так называемую конфигурацию равновесия сил, в которой каждое тело занимает такую позицию, что сумма всех сил, приложенных к телу, равна нулю.

Идея метода схематически изображена на рисунке 2

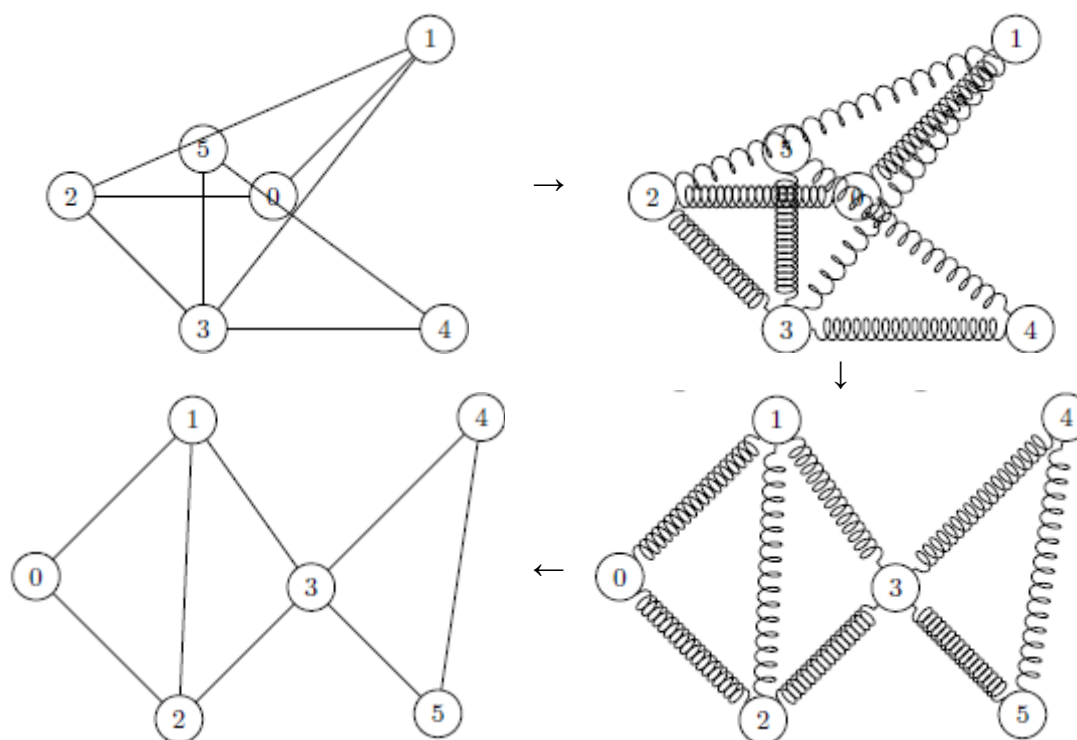


Рисунок 21 - Идея метода физических аналогий

Метод визуализации графов с использованием физических аналогий популярен по нескольким причинам. Во-первых, алгоритм довольно прост в понимании и реализации. Во-вторых, он дает в итоге хорошее отображение графа [7].

Программная реализация

Для решения задачи моделирования и визуализации беспроводных сенсорных сетей было разработано несколько модулей, каждый из которых выполняет отдельную функцию и вместе составляют полноценный приложение. Разработаны модули для моделирования с использованием эмулятора TOSSIM и визуализации реализованного с помощью фреймворка Ruby on Rails и Javascript и библиотеки D3.js.

Подсистема моделирования работы беспроводной сенсорной сети была написана на языке Nesc для операционной системы Tinyos. За основу была взята программа /tinyos-2.x/apps/tests/TestNetwork. В этой программе реализованы основные сетевые уровни, сбора и распространение информации. Данное приложение генерирует случайные показания датчиков и передает их в сеть, а также осуществляет ретрансляцию пакетов от других узлов в направлении базовой станции используя протоколы CTP (Collection Tree Protocol) и Dissemination. CTP де-факто является стандартным протоколом сбора данных в TinyOS 2.x [7]. Dissemination является одним из основных протоколов сенсорных сетей который позволяет надежно распространять небольшие сообщения (меньше одного пакета данных) для каждого узла с целью конфигурации, опроса, и перепрограммирования сети. [8]

Моделирование работы сети происходит с использованием по-событийный способа продвижения модельного времени. Условием завершения работы цикла может быть как временной интервал, так и конкретное число событий.

Данные полученные при моделировании работы сети являются входными данными при визуализации.

В ходе работы эмулятора выводятся сообщения, сигнализирующие о прохождении определенных событий. Сообщения имеют общую структуру.

Для обработки результатов используется скрипт на языке Ruby. В частности он считывает данные из файла, в котором каждая строка это информация о каком-то событии, например информация о получении пакета и сохраняет в нужном формате в базу данных MySQL.

При визуализации полученные данные берутся из базы данных, преобразуются в формат JSON.

Выводы

В работе решены следующие задачи:

- выполнен обзор технологий организации WSN.
- выполнен анализ и выбор системы моделирования.
- сделан выбор метода построения графа сети и разработка алгоритма визуализации.
- сделана программная реализация разработанного алгоритма.

В ходе выполнения работы была разработана специальная программа, состоящая из нескольких модулей, каждый из которых выполняют уникальную функцию и является частью целой системы визуализации беспроводных сенсорных сетей.

Разработанная система имеет большие перспективы, потому что с ее помощью можно упростить разработку и сэкономить средства внедрение беспроводных сенсорных сетей. Благодаря визуализации и подробной детализации работы сети, разработанная система значительно упростит разработку и последующее внедрение беспроводных сенсорных сетей на практике.

Список литературы

1. Офіційний сайт SOSUS System [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.pmel.noaa.gov/vents/acoustics/sosus.html>
2. Советов Б. Я., Яковлев С. А., Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.
3. Офіційна сторінка операційної системи Tinyos [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.tinyos.net/>
4. Офіційний сайт NS2 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://isi.edu/nsnam/ns/>
5. Офіційний сайт Anylogic [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.xjtek.ru/anylogic/why_anylogic/
6. TOSSIM System Description. Philip Levis. January 30, 2002 [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.tinyos.net/nest/doc/tossim.pdf
7. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб. БХВ-Петербург, 2003. — 1104 с
8. O. Gnawali, R. Fonseca, K. Jamieson, D. Moss, and P. Levis. Collection Tree Protocol. In Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), pages 1–14, Nov 2009.
9. Levis, P and Lin, k. “Data Discovery and Dissemination with DIP ”. Proceedings of the 7th international conference on Information processing in sensor networks (2008).